饲粮添加不同水平苜蓿粗多糖对蛋鸡生产性能和蛋品质的影响

辛小青　董晓芳*　佟建明

（中国农业科学院北京畜牧兽医研究所，北京　100193）

摘　要：本试验旨在研究饲粮添加不同水平苜蓿粗多糖对蛋鸡生产性能和蛋品质的影响。选取 540 只 27 周龄的海兰褐壳蛋鸡，随机分为 6 组，每组 6 个重复，每个重复 15 只鸡。对照组饲喂基础饲粮，试验组分别饲喂在基础饲粮中添加 250、500、1 000、2 000 和 4 000 mg/kg 苜蓿粗多糖的试验饲粮。试验期 24 周。结果表明：与对照组相比，1）试验 1~8 周，500、2 000 和 4 000 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组产蛋率均显著提高（$P<0.05$）；试验 9~16 周、17~24 周和 1~24 周，250、500、1 000 和 2 000 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组产蛋率显著提高（$P<0.05$），料蛋比显著降低（$P<0.05$），且在试验 17~24 周和 1~24 周，总产蛋重量显著提高（$P<0.05$），而平均蛋重和采食量无显著差异（$P>0.05$）；2）250、500 和 1 000 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组在试验第 6、8、12、16、20 和 24 周蛋壳颜色显著加深（$P<0.05$），且在试验第 8、12、16 周较 4 000 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组蛋壳颜色亦显著加深（$P<0.05$）；3）2 000 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组在试验第 6、20、24 周蛋壳强度显著提高（$P<0.05$）；4）试验第 8、12、16、20 和 24 周，250、500、1 000 和 2 000 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组蛋壳厚度显著增加（$P<0.05$），且 4 000 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组在试验第 8、20、24 周蛋壳厚度亦显著增加（$P<0.05$）；5）2 000 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组在试验第 10、12 和 24 周蛋白高度和哈夫单位显著提高（$P<0.05$），且 2 000 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组在试验第 10 和 12 周蛋白高度和哈夫单位显著高于 250、1 000 和 4 000 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组（$P<0.05$）。试验表明，产蛋期蛋鸡饲粮中添加适宜水平的苜蓿粗多糖可以显著提高蛋鸡生产性能，改善蛋品质，且推荐适宜添加水平为 250 mg/kg。

关键词：苜蓿；粗多糖；蛋鸡；生产性能；蛋品质

中图分类号：S816.7

多糖是构成生命的四大物质之一，广泛存在于植物、动物和微生物中，具有免疫调节、抗氧化、降血脂、抗菌、抗病毒等多种生物学功能[1-7]，其作为一种绿色环保的新型饲料添加剂越来越受到人们的重视。苜蓿多糖是从苜蓿茎、叶中提取的水溶性杂多糖，属非淀粉多糖，浅黄色粉末，不含鞣质和淀粉，为酸性多糖[8]。经毛细管电泳法检测，苜蓿多糖主要含木糖、阿拉伯糖、葡萄糖、鼠李糖、半乳糖、葡萄糖醛酸和半乳糖醛酸[9]，是苜蓿的主要生物活性物质之一。已有研究表明，在饲粮中添加一定剂量的苜蓿多糖可以促进动物生长[10]、

收稿日期：201－03－01

基金项目：“十二五”国家科技支撑计划课题（2013BAD10B04）；国家蛋鸡产业技术体系建设专项经费（CARS-41-K16）；中国农业科学院科技创新工程（ASTIP-IAS08）

作者简介：辛小青（1990－），女，甘肃天水人，硕士研究生，从事蛋鸡营养与饲料科学研究。E-mail:　xxqing2015@163.com

*通信作者：董晓芳，副研究员，硕士生导师，E-mail:　xiaofangd1124@sina.com

改善肉品质[11]、提高动物机体免疫力[12-13]、降脂[14]、抗氧化[15]、调节肠道微生物区系、促进有益菌的增殖[16]等。虽然苜蓿多糖对动物生产性能的影响已有相关报道，但是由于苜蓿多糖的提取工艺各异、纯度差异较大，其在畜禽饲粮中的适宜添加量也不尽相同。欧阳克蕙等[11]和刘大林等[17]研究发现饲粮中添加 1%的苜蓿多糖效果最佳，能显著提高肉仔鸡的体重和日增重，显著降低料重比。然而刘晴雪等[18]研究表明肉仔鸡饲粮中添加 200 或 500 mg/kg 苜蓿多糖可达到较好的促生长及免疫效果。加之国内外关于苜蓿多糖对产蛋鸡生产性能和蛋品质影响的研究未见报道。因此，本研究以海兰褐产蛋鸡为研究对象，通过在玉米－豆粕型基础饲粮中添加不同水平的苜蓿粗多糖，研究其对产蛋鸡生产性能和蛋品质的影响，同时拟找出最适宜的添加水平，为苜蓿粗多糖在蛋鸡生产中的合理应用，进一步开发新型绿色饲料添加剂提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

本试验所用苜蓿粗多糖采用水提、醇沉、脱蛋白法提取得到。以葡萄糖为标准品，采用苯酚－硫酸法测得样品中多糖含量为 24.28%；以芦丁为标准品，采用 $NaNO_2$-$Al(NO_3)_3$-NaOH 比色法测得样品中黄酮含量为 2.90%；以齐墩果酸为标准品，采用 5%香草醛－冰醋酸显色法测得样品中皂苷含量为 3.47%；按照《GB/T 6432—94 饲料中粗蛋白质的测定方法》测得样品中粗蛋白质含量为 15.55%；按照《GB/T 6438—2007 饲料中粗灰分的测定方法》测得样品中粗灰分含量为 24.35%。

1.2　试验动物及基础饲粮

试验动物选用 540 只 27 周龄海兰褐产蛋鸡。试验基础饲粮以玉米、豆粕为主要原料，参考 NRC（1994）推荐的蛋鸡营养需要量确定营养水平，基础饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis)　　%

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	64.00
豆粕 Soybean meal	24.00
豆油 Soybean oil	1.00
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.20
石粉 Limestone	8.50
食盐 NaCl	0.30
预混料 Premix[1)]	1.00
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]	
代谢能 ME/(MJ/kg)	11.52
粗蛋白质 CP	16.38

钙 Ca	3.50
有效磷 AP	0.40
蛋氨酸 Met	0.35
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.64
赖氨酸 Lys	0.80

[1)] 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diet：Mn 63.6 mg，Zn 69 mg，Fe 30 mg，Cu 6.25 mg，I 0.4 mg，Se 0.2 mg，VA 8 000 IU，VD_3 3 000 IU，VE 15 IU，VK_3 2 mg，VB_1 2 mg，VB_2 4 mg，VB_6 4 mg，VB_{12} 0.01 mg，泛酸钙 calcium pantothenate 12 mg，烟酸 nicotinic acid 40 mg，叶酸 folic acid 1 mg，生物素 biotin 0.1 mg，胆碱 choline 212.5 mg。

[2)]计算值 Calculated values。

1.3 试验设计与饲养管理

采用单因子完全随机试验设计，选用 27 周龄体重为(1.63±0.10) kg，产蛋率相近、健康的 540 只海兰褐蛋鸡，随机分为 6 组，每组 6 个重复，每个重复 15 只鸡。对照组饲喂基础饲粮；试验组分别饲喂在基础饲粮中添加 250、500、1 000、2 000 和 4 000 mg/kg 苜蓿粗多糖的试验饲粮。试验期为 24 周。在试验第 6 周，肌肉注射 0.5 mL 新城疫－禽流感二联灭活疫苗进行免疫。

饲养试验在中国农业科学院北京畜牧兽医研究所昌平畜禽试验基地进行，采用 3 层层叠式笼养，每笼 3 只鸡，每日喂料 3 次，自由采食和饮水。采用自然加人工补光，恒定光照时间为 16 h（鸡舍照明控制器），自动控温、供暖、通风，每天记录舍内温度、湿度，观察鸡只健康状况，并随时记录病死鸡。每隔 1 d 清粪 1 次，保持舍内清洁卫生。

1.4 测定指标

1.4.1 生产性能

试验期间，以重复为单位记录每天产蛋数、蛋重、破软蛋及畸形蛋数，记录病死鸡只，称重并解剖拍照，分析死因；每周结料 1 次，记录各重复的耗料量，计算出每 8 周及全期的产蛋率、平均蛋重、采食量、料蛋比和总产蛋重量。

1.4.2 蛋品质

于试验开始及第 1、3、5、6、7、8、9、10、12、16、20 和 24 周末，采集当天所产鸡蛋，12 h 内测定蛋品质。采用蛋壳颜色测定仪（QCR，TSS 公司，英国）测定蛋壳颜色；采用蛋壳强度测定仪（Model－III，Robotmation 公司，日本）测定蛋壳强度；采用蛋壳厚度测定仪（Model P－1，Ozaki MFG 公司，日本）测定蛋壳厚度；采用蛋品质测定仪（EMT－2 500，Robotmation 公司，日本）测定蛋白高度、哈夫单位和蛋黄颜色；采用卵形系数测定器（NFN384，FHK 公司，日本）测定蛋形指数。

1.5 数据处理与分析

试验数据用 Excel 2010 进行处理，采用 SAS 9.2 软件 ANOVA 程序进行方差分析，用 Duncan 氏法进行组间多重比较，以 $P<0.05$ 为差异显著水平。试验结果以“平均值±标准差”

来表示，其中产蛋率经反正弦转换后进行方差分析。

2 结 果

2.1 苜蓿粗多糖对产蛋鸡生产性能的影响

由表 2 可知，饲粮中添加苜蓿粗多糖能提高蛋鸡产蛋率。与对照组相比，试验 1~8 周，饲粮中添加 500、2 000 和 4 000 mg/kg 苜蓿粗多糖显著提高了产蛋率（P<0.05）；试验 9~16 周、17~24 周和 1~24 周，饲粮中添加 250、500、1 000 和 2 000 mg/kg 苜蓿粗多糖均显著提高了产蛋率（P<0.05）；试验 1~24 周，250、500、1 000、2 000 和 4 000 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组产蛋率较对照组分别提高了 5.72%、7.55%、4.22%、6.90%和 3.30%。就各苜蓿粗多糖添加组而言，500 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组在试验 9~16 周和 1~24 周产蛋率显著高于 4 000 mg/kg 苜蓿多糖添加组（P<0.05），试验 17~24 周 250、500 和 2 000 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组产蛋率均显著高于 4 000 mg/kg 苜蓿多糖添加组（P<0.05），且 3 组之间无显著差异（P>0.05）。

与对照组相比，试验 9~16 周、17~24 周和 1~24 周，饲粮中添加 250、500、1 000 和 2 000 mg/kg 苜蓿粗多糖显著降低了料蛋比（P<0.05）。试验 17~24 周，250、500 和 2 000 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组料蛋比均显著低于 4 000 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组（P<0.05）；其余各阶段各个苜蓿粗多糖添加组间均无显著差异（P>0.05）。

各阶段各个苜蓿粗多糖添加组的总产蛋重量均高于对照组。与对照组相比，试验 17~24 周和 1~24 周，饲粮中添加 250、500、1 000 和 2 000 mg/kg 苜蓿粗多糖均显著提高了总产蛋重量（P<0.05）。试验 17~24 周，250 和 2 000 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组总产蛋重量显著高于 4 000 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组（P<0.05）。

与对照组相比，饲粮中添加苜蓿粗多糖对蛋鸡平均蛋重、采食量无显著影响（P>0.05），且仅在试验 17~24 周，500 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组平均蛋重较对照组低 2.10%（P<0.05）。

表 2 苜蓿粗多糖对蛋鸡生产性能的影响

Table 2 Effects of crude polysaccharides isolated from alfalfa on performance of laying hens (n=6)

项目 Items	时间 Time/周	对照组 Control group	苜蓿粗多糖添加水平 The supplemental levels of crude polysaccharides isolated from alfalfa/(mg/kg)					*P* 值 *P*-value
			250	500	1 000	2 000	4 000	
产蛋率 Egg production/%	1~8	84.54±3.34^{b}	88.07±3.59^{ab}	90.23±3.87^{a}	87.18±3.14^{ab}	90.55±2.70^{a}	88.91±2.47^{a}	0.033 6
	9~16	88.13±3.96^{c}	93.03±2.33^{ab}	94.21±1.35^{a}	92.48±2.30^{ab}	92.68±2.62^{ab}	90.15±3.37^{bc}	0.009 5
	17~24	86.51±2.18^{d}	92.93±2.59^{ab}	94.35±1.95^{a}	90.48±2.65^{bc}	93.88±1.49^{a}	88.67±4.47^{cd}	<0.000 1
	1~24	86.40±3.13^{c}	91.34±2.53^{ab}	92.92±2.08^{a}	90.05±1.74^{ab}	92.36±1.97^{ab}	89.25±3.16^{bc}	0.001 1
平均蛋重 Average egg weight/g	1~8	57.19±0.67	57.40±1.12	56.18±1.53	57.49±1.77	56.57±0.62	56.90±1.61	0.485 9
	9~16	61.36±0.63	61.66±0.94	60.05±1.19	61.85±1.87	60.49±0.65	61.13±1.04	0.075 0
	17~24	62.80±0.58^{a}	63.37±1.11^{a}	61.48±1.01^{b}	63.31±1.63^{a}	62.20±0.74^{ab}	62.97±0.94^{a}	0.032 1
	1~24	60.49±0.52	60.85±1.01	59.27±1.22	60.93±1.76	59.76±0.54	60.29±1.05	0.101 5
采食量 Feed intake/g	1~8	100.26±2.10	101.11±2.50	101.84±3.67	100.91±3.20	101.66±5.31	102.22±1.95	0.923 2
	9~16	114.70±1.39	115.55±1.69	115.05±1.99	115.25±2.31	113.77±2.68	113.93±1.25	0.545 3
	17~24	115.86±1.32	116.50±0.94	116.91±1.86	116.41±1.53	115.04±1.40	116.06±1.08	0.287 7
	1~24	110.33±1.34	111.09±1.60	111.29±2.35	110.91±2.14	110.15±2.83	110.50±1.07	0.902 9
料蛋比 Feed/egg	1~8	2.08±0.08	2.00±0.06	2.01±0.06	2.02±0.06	1.99±0.05	2.02±0.07	0.217 4
	9~16	2.13±0.09^{a}	2.02±0.03^{b}	2.04±0.02^{b}	2.02±0.06^{b}	2.03±0.03^{b}	2.07±0.09^{ab}	0.033 0
	17~24	2.13±0.04^{a}	1.98±0.04^{c}	2.02±0.04^{c}	2.03±0.07^{bc}	1.97±0.04^{c}	2.08±0.08^{ab}	<0.000 1
	1~24	2.11±0.06^{a}	2.00±0.04^{b}	2.02±0.03^{b}	2.02±0.05^{b}	2.00±0.03^{b}	2.06±0.07^{ab}	0.002 8
总产蛋重量 Egg total mass/kg	1~8	2.71±0.13	2.83±0.12	2.84±0.16	2.81±0.14	2.87±0.10	2.83±0.12	0.390 4
	9~16	3.03±0.15	3.21±0.09	3.17±0.08	3.20±0.15	3.14±0.08	3.09±0.11	0.071 7
	17~24	3.04±0.08^{c}	3.30±0.09^{a}	3.25±0.07^{ab}	3.21±0.14^{ab}	3.27±0.05^{a}	3.13±0.14^{bc}	0.000 8
	1~24	8.78±0.35^{b}	9.34±0.28^{a}	9.25±0.29^{a}	9.22±0.37^{a}	9.27±0.18^{a}	9.04±0.33^{ab}	0.037 5

同行数据肩标相同字母或无字母表示差异不显著（*P*>0.05），不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05）。下表同。

In the same row, values with the same or no letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05), while with different small letter superscripts mean

significant difference ($P<0.05$). The same as below.

2.2 苜蓿粗多糖对蛋鸡蛋品质的影响

2.2.1 苜蓿粗多糖对蛋壳颜色的影响

由表 3 可知，与对照组相比，试验第 6、16 和 20 周，饲粮中添加 250、500、1 000 mg/kg 苜蓿粗多糖显著加深了蛋壳颜色（P<0.05）；试验第 8、12、24 周饲粮中添加 250、500、1 000 和 2 000 mg/kg 苜蓿粗多糖显著加深了蛋壳颜色（P<0.05）。250、500 和 1 000 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组在试验第 8、12 和 16 周蛋壳颜色显著深于 4 000 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组（P<0.05）。

表 3 苜蓿粗多糖对蛋鸡蛋壳颜色的影响

Table 3 Effects of crude polysaccharides isolated from alfalfa on shell color of laying hens (n=6) %

项目 Items	时间 Time/周	对照组 Control group	苜蓿粗多糖添加水平 The supplemental levels of crude polysaccharides isolated from alfalfa/(mg/kg)					P 值 P-value
			250	500	1 000	2 000	4 000	
蛋壳颜色 Shell color	0	30.51±1.34	30.84±2.15	30.45±2.46	31.79±1.85	32.23±1.74	31.40±1.83	0.527 0
	1	33.70±1.63	33.80±3.28	34.65±3.72	34.31±2.92	34.56±2.60	33.24±1.15	0.937 0
	3	31.14±3.34	32.16±2.04	31.58±2.21	32.87±2.67	33.92±2.96	32.70±1.59	0.481 6
	5	30.85±2.89	31.43±1.69	30.12±2.41	29.94±2.00	31.15±1.22	30.90±1.75	0.787 8
	6	34.73±1.93^{a}	31.26±1.33^{b}	31.08±2.21^{b}	31.31±1.80^{b}	32.46±1.62^{ab}	32.62±2.16^{ab}	0.017 2
	7	33.36±2.50	32.86±3.04	32.09±1.50	32.82±2.22	32.82±2.22	34.65±1.55	0.462 3
	8	36.06±1.74^{a}	32.32±1.06^{c}	32.11±1.31^{c}	32.80±1.75^{bc}	32.78±2.12^{bc}	34.56±0.93^{ab}	0.000 6
	9	33.71±1.65	30.98±2.23	31.36±2.58	31.46±2.41	32.25±1.50	33.26±1.55	0.145 9
	10	33.56±0.99	31.75±1.11	30.80±2.60	31.14±2.71	32.92±1.48	33.22±1.70	0.075 8
	12	33.39±1.51^{a}	29.59±1.12^{c}	29.43±1.66^{c}	29.64±2.11^{c}	30.86±0.90^{bc}	32.58±1.40^{ab}	<0.000 1
	16	31.58±1.96^{a}	28.41±0.94^{bc}	27.63±1.48^{c}	28.00±2.35^{bc}	30.13±2.26^{ab}	30.79±0.82^{a}	0.0014
	20	32.50±3.02^{a}	29.28±1.63^{b}	29.15±1.39^{b}	29.35±2.85^{b}	30.54±1.00^{ab}	31.90±0.51^{a}	0.017 2
	24	30.91±1.65^{a}	27.91±1.50^{bc}	27.04±1.75^{cd}	25.73±1.52^{d}	27.92±2.02^{bc}	29.20±1.20^{ab}	0.000 2

蛋壳颜色数值为光反射率，以白色为 83.6%、黑色为 0 校准。

Shell color was the luminous reflectance, calibrate before detection (white, 83.6%; black, 0).

2.2.2 苜蓿粗多糖对蛋壳强度的影响

由表 4 可知，与对照组相比，试验第 6 周，饲粮中添加 250、500、1 000、2 000 和 4 000 mg/kg 苜蓿粗多糖显著提高了蛋壳强度（P<0.05）；试验第 20 周，饲粮中添加 500 和 2 000 mg/kg 的苜蓿粗多糖显著提高了蛋壳强度（P<0.05）；试验第 24 周，饲粮中添加 2 000 mg/kg 的苜蓿粗多糖显著提高了蛋壳强度（P<0.05）。

表 4 苜蓿粗多糖对蛋鸡蛋壳强度的影响

Table 4 Effects of crude polysaccharides isolated from alfalfa on shell strength of laying hens (n=6)

N

项目	时间	对照组	苜蓿粗多糖添加水平	P 值

Items	Time/周	Control group	The supplemental levels of crude polysaccharides isolated from alfalfa/(mg/kg)					*P*-value
			250	500	1 000	2 000	4 000	
蛋壳强度 Shell strength	0	41.43±3.78	41.59±3.01	41.13±4.88	41.72±3.80	41.64±3.62	43.72±3.94	0.881 4
	1	41.26±3.10	41.81±2.77	40.43±1.83	42.94±4.32	40.36±1.79	40.40±3.35	0.618 7
	3	41.31±4.61	44.85±2.81	41.29±1.97	44.38±4.65	44.85±2.93	43.67±3.87	0.292 9
	5	43.01±3.08	44.23±2.94	45.08±2.20	45.13±3.41	44.45±2.83	43.22±2.74	0.711 0
	6	39.14±5.28^{b}	45.06±2.48^{a}	43.92±2.06^{a}	44.25±4.11^{a}	46.78±3.42^{a}	45.03±4.78^{a}	0.039 7
	7	43.65±2.96	44.51±5.10	44.87±2.86	41.54±2.15	44.57±5.88	42.81±3.52	0.679 6
	8	45.30±2.36	46.93±4.31	45.74±2.19	46.61±4.63	47.94±1.74	48.00±2.89	0.614 9
	9	45.79±3.87	44.58±4.57	44.95±3.31	44.51±4.28	44.60±3.11	44.03±2.55	0.976 9
	10	47.99±4.69	47.07±3.72	49.69±1.97	49.12±4.31	51.26±3.09	47.09±4.00	0.354 4
	12	47.73±3.34	50.64±2.56	49.97±4.18	48.19±3.16	51.22±4.06	46.39±3.02	0.143 9
	16	45.12±5.07	46.87±3.52	48.86±2.91	46.74±2.04	47.35±3.39	45.73±2.15	0.484 7
	20	44.08±4.57^{b}	49.01±2.63^{ab}	49.52±1.97^{a}	49.23±4.06^{ab}	50.28±1.49^{a}	47.95±2.84^{ab}	0.024 4
	24	43.19±3.33^{b}	43.32±2.43^{b}	44.35±2.72^{b}	43.90±3.44^{b}	48.44±3.23^{a}	46.51±2.09^{ab}	0.023 3

2.2.3 苜蓿粗多糖对蛋壳厚度的影响

由表 5 可知，随着饲喂时间的延长，对照组和各个苜蓿粗多糖添加组的蛋壳厚度均不同程度增加。与对照组相比，试验第 7、8、12、16、20 和 24 周饲粮中添加 250 mg/kg 苜蓿粗多糖，试验第 8、12、16、20 和 24 周饲粮中添加 500 mg/kg 苜蓿粗多糖，试验第 7、8、12、16、20 和 24 周饲粮中添加 1 000 和 2 000 mg/kg 苜蓿粗多糖及试验第 8、20、24 周饲粮中添加 4 000 mg/kg 苜蓿粗多糖均显著增加了蛋壳厚度（P<0.05）；且试验第 12 周 500 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组的蛋壳厚度显著高于 4 000 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组（P<0.05）。

表 5　苜蓿粗多糖对蛋鸡蛋壳厚度的影响

Table 5　Effects of crude polysaccharides isolated from alfalfa on shell thickness of laying hens (n=6)　　mm

项目 Items	时间 Time/周	对照组 Control group	苜蓿粗多糖添加水平 The supplemental levels of crude polysaccharides isolated from alfalfa/(mg/kg)					P 值 P-value
			250	500	1 000	2 000	4 000	
蛋壳厚度 Shell thickness	0	0.382±0.006	0.381±0.010	0.377±0.013	0.378±0.013	0.373±0.013	0.384±0.020	0.797 8
	1	0.384±0.007	0.386±0.011	0.379±0.010	0.380±0.013	0.371±0.009	0.376±0.009	0.154 5
	3	0.386±0.013	0.388±0.007	0.372±0.005	0.385±0.016	0.379±0.006	0.379±0.015	0.222 5
	5	0.378±0.011	0.381±0.009	0.390±0.011	0.389±0.010	0.383±0.006	0.384±0.014	0.370 6
	6	0.380±0.008	0.388±0.004	0.383±0.006	0.383±0.011	0.390±0.009	0.381±0.013	0.343 2
	7	0.375±0.006^{b}	0.390±0.010^{a}	0.381±0.005^{ab}	0.387±0.012^{a}	0.393±0.011^{a}	0.383±0.006^{ab}	0.024 5
	8	0.373±0.005^{b}	0.391±0.006^{a}	0.391±0.005^{a}	0.386±0.005^{a}	0.385±0.005^{a}	0.385±0.007^{a}	<0.000 1
	9	0.386±0.005	0.386±0.010	0.391±0.009	0.392±0.009	0.388±0.006	0.385±0.009	0.543 7
	10	0.387±0.006	0.391±0.008	0.393±0.005	0.396±0.005	0.394±0.010	0.390±0.009	0.350 6
	12	0.401±0.005^{c}	0.409±0.006^{ab}	0.411±0.006^{a}	0.409±0.005^{ab}	0.410±0.009^{ab}	0.403±0.005^{bc}	0.022 2
	16	0.397±0.007^{b}	0.409±0.007^{a}	0.412±0.006^{a}	0.407±0.008^{a}	0.408±0.011^{a}	0.403±0.007^{ab}	0.036 4
	20	0.395±0.007^{b}	0.404±0.004^{a}	0.407±0.006^{a}	0.405±0.005^{a}	0.411±0.008^{a}	0.403±0.005^{a}	0.003 4
	24	0.396±0.005^{b}	0.403±0.005^{a}	0.408±0.006^{a}	0.410±0.007^{a}	0.407±0.003^{a}	0.406±0.003^{a}	0.000 6

2.2.4　苜蓿粗多糖对蛋白高度的影响

由表 6 可知，与对照组相比，试验第 10、12 和 24 周饲粮中添加 2 000 mg/kg 苜蓿粗多糖显著提高了蛋白高度（*P*<0.05）；试验第 10 周饲粮中添加 500 mg/kg 苜蓿粗多糖，试验第 12 周饲粮中添加 250 和 1 000 mg/kg 苜蓿粗多糖及试验第 24 周饲粮中添加 4 000 mg/kg 苜蓿粗多糖均显著提高了蛋白高度（*P*<0.05）。各苜蓿粗多糖添加组间，试验第 7、10、12 周 2 000 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组蛋白高度显著高于 1 000 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组（*P*<0.05）。

表 6　苜蓿粗多糖对蛋鸡蛋白高度的影响

Table 6　Effects of crude polysaccharides isolated from alfalfa on albumen height of laying hens (*n*=6)

mm

项目 Items	时间 Time/周	对照组 Control group	苜蓿粗多糖添加水平 The supplemental levels of crude polysaccharides isolated from alfalfa/(mg/kg)					*P* 值 *P*-value
			250	500	1 000	2 000	4 000	
蛋白高度 Albumen height	0	8.25±0.37	8.25±0.68	8.73±0.55	8.38±0.31	8.47±0.37	8.07±0.29	0.210 6
	1	8.50±0.24	8.17±0.55	8.15±0.19	8.13±0.39	8.10±0.58	8.25±0.34	0.566 8
	3	8.30±0.53	8.55±0.39	8.13±0.55	8.15±0.39	8.38±0.18	8.38±0.58	0.619 2
	5	7.92±0.33	7.95±0.21	8.05±0.43	7.72±0.34	8.20±0.25	7.77±0.5	0.221 8
	6	7.82±0.33	7.77±0.26	7.83±0.39	7.90±0.23	7.60±0.30	7.72±0.40	0.676 9
	7	7.70±0.46^{ab}	7.72±0.43^{ab}	7.50±0.41^{ab}	7.25±0.18^{b}	7.98±0.18^{a}	7.70±0.45^{ab}	0.043 2
	8	7.67±0.36	7.87±0.19	8.12±0.42	7.93±0.23	7.93±0.20	7.75±0.31	0.159 8
	9	7.90±0.50	7.70±0.34	8.18±0.29	7.65±0.52	8.03±0.24	8.20±0.36	0.080 3
	10	7.70±0.31^{b}	7.70±0.28^{b}	8.08±0.34^{a}	7.65±0.26^{b}	8.32±0.24^{a}	7.63±0.29^{b}	0.000 7
	12	7.47±0.27^{d}	7.87±0.31^{bc}	7.57±0.27^{cd}	8.05±0.19^{b}	8.37±0.25^{a}	7.95±0.27^{b}	<0.000 1
	16	7.85±0.29	8.00±0.44	8.22±0.41	8.08±0.29	7.95±0.20	8.07±0.43	0.503 8
	20	8.07±0.16	7.82±0.31	7.95±0.39	7.73±0.49	7.92±0.15	7.82±0.44	0.630 2
	24	7.92±0.26^{b}	7.88±0.25^{b}	8.12±0.26^{ab}	8.17±0.25^{ab}	8.37±0.15^{a}	8.25±0.33^{a}	0.019 4

2.2.5　苜蓿粗多糖对哈夫单位的影响

由表 7 可知，与对照组相比，试验第 10、12、24 周饲粮中添加 2 000 mg/kg 苜蓿粗多糖，试验第 12 周饲粮中添加 1 000、4 000 mg/kg 苜蓿粗多糖及试验第 24 周饲粮中添加 4 000 mg/kg 显著提高了哈夫单位（*P*<0.05）；而试验第 7 周 1 000 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组哈夫单位显著低于对照组（*P*<0.05）。各苜蓿粗多糖添加组间，试验第 10、12、24 周饲粮中添加 2 000 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组，试验第 10 周 500 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组及试验第 24 周 4 000 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组哈夫单位均显著高于 250 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组（*P*<0.05）；其余各组间无显著差异（*P*>0.05）。

此外，蛋形指数和蛋黄颜色测定结果显示各组间无显著差异（*P*>0.05），数据未附于本文。

表 7　苜蓿粗多糖对蛋鸡哈夫单位的影响

Table 7　Effects of crude polysaccharides isolated from alfalfa on haugh unit of laying hens (*n*=6)

项目 Items	时间 Time/周	对照组 Control group	苜蓿粗多糖添加水平 The supplemental levels of crude polysaccharides isolated from alfalfa/(mg/kg)					*P* 值 *P*-value
			250	500	1 000	2 000	4 000	
哈夫单位 Haugh unit	0	91.02±2.13	91.62±4.18	94.28±2.67	91.97±2.11	93.00±2.09	90.68±1.48	0.185 8
	1	93.60±1.75	91.20±4.13	91.32±0.93	90.50±2.33	91.03±3.45	91.35±1.81	0.435 1
	3	91.40±3.43	93.15±1.97	91.02±2.85	90.68±2.28	92.07±1.38	92.35±3.49	0.624 2
	5	89.65±1.70	89.72±1.32	90.57±2.38	88.22±2.04	91.37±1.32	88.48±3.51	0.139 6
	6	88.20±2.24	88.02±1.47	88.83±2.36	88.48±1.33	87.28±1.71	87.20±2.95	0.712 6
	7	88.62±2.63^{a}	88.13±2.25^{a}	86.98±2.51^{ab}	85.17±1.97^{b}	89.83±1.03^{a}	88.37±2.39^{a}	0.020 0
	8	88.40±2.38	88.82±1.12	90.43±2.31	88.93±1.42	88.82±1.30	87.83±1.73	0.244 8
	9	89.00±3.12	87.42±2.49	90.33±1.25	87.10±2.86	89.70±1.55	90.17±2.53	0.102 4
	10	87.40±2.09^{b}	86.62±2.22^{b}	89.73±2.00^{a}	86.20±1.25^{b}	90.60±1.01^{a}	86.47±1.47^{b}	0.000 2
	12	86.25±1.85^{c}	87.63±1.99^{bc}	86.33±1.71^{c}	89.18±1.14^{b}	91.20±1.49^{a}	88.95±1.59^{b}	<0.000 1
	16	88.00±1.71	88.53±2.52	89.90±2.18	88.68±1.81	88.35±1.34	89.05±1.98	0.631 9
	20	89.30±1.06	87.35±1.45	88.77±2.25	87.10±3.16	88.12±0.89	87.22±2.79	0.376 4
	24	88.13±1.68^{bc}	87.42±1.40^{c}	89.53±1.31^{ab}	89.47±1.33^{ab}	90.78±0.88^{a}	90.28±1.82^{a}	0.002 6

3 讨 论

3.1 苜蓿粗多糖对蛋鸡生产性能的影响

苜蓿多糖对蛋鸡生产性能的影响研究目前未见报道。本试验结果中，试验 1~8 周，饲粮中添加 500、2 000 和 4 000 mg/kg 苜蓿粗多糖均显著提高了产蛋率；添加 250、500、1 000 和 2 000 mg/kg 苜蓿粗多糖在试验 9~16、17~24 和 1~24 周均显著提高了产蛋率。产蛋是禽类在神经内分泌系统调节下的复杂生理过程，蛋鸡卵泡发育、排卵及蛋形成过程均与生殖激素有关，蛋鸡卵泡的生长发育主要受垂体促性腺激素卵泡刺激素和黄体生成素的控制，还受其自身卵巢激素的（雌激素、雄激素和孕酮）的调控[19]。因此，饲粮中添加适量的苜蓿粗多糖提高蛋鸡产蛋率可能是由于苜蓿多糖调节生殖激素水平，改善母鸡的卵巢功能，促进卵泡发育与排卵[20-21]，从而提高蛋鸡产蛋率。

已有研究表明，植物多糖能够通过增强机体免疫力[22-23]、抗氧化[24]、抗炎[25-26]、抗感染[27-28]，促进肠道有益微生物乳酸杆菌、双歧杆菌的增殖[29]，并促进粗蛋白质代谢率、加快蛋白质的合成[30]及减少动物应激反应[31]等，最终影响动物机体的生长发育、生产性能及畜产品品质。本试验结果中，饲粮中添加 250、500、1 000 和 2 000 mg/kg 苜蓿粗多糖在试验 9~16、17~24 和 1~24 周均显著降低了料蛋比，在试验 17~24 和 1~24 周，显著提高了总产蛋重量，对采食量无显著影响。植物多糖改善动物生产性能的作用在很多研究中也已得到了证实。Han 等[32]研究表明，饲粮中添加刺五加多糖能够显著提高脂多糖应激下断奶仔猪日增重和平均日采食量，且通过调节仔猪肝脏中促炎性细胞因子的释放，从而改善仔猪的生产性能。左兆云[33]研究表明，饲粮中添加黄芪多糖可提高蛋鸡总产蛋量，提高血清及蛋黄抗氧化能力，降低蛋黄胆固醇浓度。Yuan 等[34]研究表明，饲粮中添加黄芪多糖能显著提高断奶仔猪

的平均日采食量，白细胞、淋巴细胞数量，$CD4^{+}$淋巴细胞比率及血清中白细胞介素–2 的含量，主要通过细胞免疫增强机体免疫力，提高生产性能。

Liu 等[35]对热应激状态下的新西兰雄兔研究表明，饲粮中添加 0.5%苜蓿多糖能够显著提高试验 1~21 d 平均日采食量、平均日增重，降低饲料转化率。欧阳克蕙等[11]研究表明，饲粮中添加 1.0%和 1.5%的水溶性苜蓿多糖，均能够显著增加肉仔鸡的平均体重、平均日增重，降低料重比，且 1.0%添加组的效果要优于 1.5%添加组。张慧辉[12]研究表明在肉仔鸡饲粮中添加 1%苜蓿多糖能提高生长性能，而添加剂量增加到 8%可抑制动物机体的生长。刘晴雪等[18]研究报道，饲粮中添加 200 或 500 mg/kg 苜蓿多糖能够显著提高肉仔鸡的平均采食量、平均体重和日增重，显著降低料重比。江振莹等[36]研究表明，肉仔鸡早期饲粮中添加苜蓿多糖对生产性能无显著影响。而本试验结果中，饲粮中添加 250、500、1 000 和 2 000 mg/kg 苜蓿粗多糖对蛋鸡产蛋率、料蛋比和总产蛋重量有影响，与前述研究结果不尽一致。这可能与苜蓿多糖的来源、提取工艺、纯度及动物种类、动物的年龄及饲养环境有关。

张慧辉[12]研究表明在肉仔鸡饲粮中添加 1%苜蓿多糖能提高生产性能，而添加剂量增加到 8%可抑制动物机体的生长。本试验结果中，试验 9~16、17~24 和 1~24 周 4 000 mg/kg 苜蓿粗多糖组的产蛋率、总产蛋量均低于其余各苜蓿粗多糖添加组，而料蛋比高于其余各苜蓿粗多糖添加组。这可能是由于苜蓿粗多糖中的半乳糖醛酸等物质作为一种非淀粉多糖，具有抗营养作用，过高的添加水平对蛋鸡的生产性能产生了负面影响。

3.2　苜蓿粗多糖对蛋鸡蛋品质的影响

蛋壳颜色通常被消费者作为一种衡量蛋品质量的指标。蛋壳颜色是子宫中腺体分泌和色素沉积的结果。褐壳蛋蛋壳中的色素主要是原卟啉－Ⅸ，来源于血红蛋白的分解物，即与衰老、受损及形态异常的红细胞的破坏有关。当红细胞在肝、脾和其他部分的网状内皮系统被吞噬破坏后，释放出血红蛋白，并很快被分解为珠蛋白、胆绿素和铁。只有胆绿素被还原为胆红素，经血液转运至肝脏后生成葡萄糖醛酸胆红素，随胆汁排入十二指肠，其中一小部分在十二指肠重新吸收，经血液运送入肝或转运至输卵管等部分，作为合成蛋壳色素的原料[37]。而后，再经子宫腺体细胞内多种酶的作用，上皮细胞开始合成并积累色素。已有的研究表明，胆绿素具有较强的抗氧化性，其能清除机体产生的自由基[38]，而苜蓿多糖亦具有抗氧化作用。本试验结果中，试验第 6、8、12、16、20 和 24 周饲粮中添加 250、500 和 1 000 mg/kg 苜蓿粗多糖显著加深了蛋壳颜色，且 2 000 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组在试验第 8、12 和 24 周显著提高了蛋壳颜色。这可能与饲粮中添加苜蓿粗多糖后使机体因清除自由基所消耗的胆绿素减少，合成蛋壳色素的原料增多，从而调节蛋壳色素的沉积有关。

王翠菊等[39]研究表明，蛋鸡饲粮中添加 150~250 mg/kg 黄芪多糖能够增强蛋壳厚度。而本试验结果中，试验第 6、20 和 24 周，饲粮中添加 2 000 mg/kg 的苜蓿粗多糖显著提高了蛋壳强度；试验第 8、12、16、20 和 24 周饲粮中添加 250、500、1 000 和

2 000 mg/kg 苜蓿粗多糖亦显著增加了蛋壳厚度。已有研究表明，植物多糖能够促进细胞外钙离子的内流和细胞内释放钙离子来影响胞浆内钙离子浓度[40]及增强肠道功能[41-42]。因此我们可以推测苜蓿粗多糖可能主要通过以下 2 个方面影响蛋壳质量。一方面，苜蓿粗多糖可能是通过调节钙离子浓度，使得形成蛋壳的钙源增加，有利用钙的沉积，从而增强蛋壳质量；另一方面可能是由于饲粮中添加苜蓿粗多糖有利于改善肠道环境和功能，促进肠道钙离子的吸收，从而增强蛋壳质量。但其具体的作用机制有待进一步研究。

蛋白质和哈夫单位是鸡蛋新鲜程度的重要指标。蛋白高度越高，哈夫单位越高，蛋白质越黏稠，蛋白质品质越好[43]。本试验结果中，试验第 10、12、24 周饲粮中添加 2 000 mg/kg 的苜蓿粗多糖均显著提高了蛋白高度和哈夫单位。这可能是由于苜蓿粗多糖增强了鸡蛋蛋白质代谢，从而使蛋白高度和哈夫单位提高，但作用机理还有待进一步研究。

4 结　论

① 产蛋期蛋鸡饲粮中添加 250、500、1 000 和 2 000 mg/kg 苜蓿粗多糖均能提高蛋鸡产蛋率、总产蛋重量，降低料蛋比。

② 产蛋期饲粮中添加 250、500 和 1 000 mg/kg 苜蓿粗多糖显著增加了蛋壳颜色；饲粮中添加 250、500、1 000 和 2 000 mg/kg 苜蓿粗多糖显著提高了蛋壳强度和蛋壳厚度；且 2 000 mg/kg 苜蓿粗多糖添加组的蛋白高度和哈夫单位较好。

③ 综上，产蛋鸡饲粮中推荐添加 250 mg/kg 苜蓿粗多糖，即可达到较好的效果。

参考文献：

[1] SUN Z H,WEI K,YAN Z G,et al.Effect of immunological enhancement of aloe polysaccharide on chickens immunized with *Bordetella avium* inactivated vaccine[J].Carbohydrate Polymers,2011,86(2):684–690.

[2] KANG M C,KIM S Y,KIM Y T,et al.*In vitro* and *in vivo* antioxidant activities of polysaccharide purified from aloe vera (*Aloe barbadensis*) gel[J].Carbohydrate Polymers,2014,99:365–371.

[3] KOZARSKI M,KLAUS A,NIKSIC M,et al.Antioxidative and immunomodulating activities of polysaccharide extracts of the medicinal mushrooms *Agaricus bisporus*,*Agaricus brasiliensis*,*Ganoderma lucidum* and *Phellinus linteus*[J].Food Chemistry,2011,129(4):1667–1675.

[4] LAI F R,WEN Q B,LI L,et al.Antioxidant activities of water-soluble polysaccharide extracted from mung bean (*Vigna radiata* L.) hull with ultrasonic assisted treatment[J].Carbohydrate Polymers,2010,81(2):323–329.

[5] LEE O H,KIM K I,HAN C K,et al.Effects of acidic polysaccharides from *Gastrodia rhizome* on systolic blood pressure and serum lipid concentrations in spontaneously hypertensive rats fed a high-fat diet[J].International Journal of Molecular Sciences,2012,13(1):698–709.

[6] XIE J H,SHEN M Y,XIE M Y,et al.Ultrasonic-assisted extraction,antimicrobial and antioxidant activities of *Cyclocarya paliurus* (Batal.) iljinskaja polysaccharides[J].Carbohydrate Polymers,2012,89(1):177–184.

[7] KOMATSU T,KIDO N,SUGIYAMA T,et al.Antiviral activity of acidic polysaccharides from *Coccomyxa gloeobotrydiformi*,a green alga,against an *in vitro* human influenza a virus infection[J].Immunopharmacology and Immunotoxicology,2013,35(1):1–7.

[8] 赵武述,张玉琴,任丽娟,等.苜蓿多糖的免疫增强效应[J].中国药理学报,1993,14(3):273–276.

[9] 王少璞.苜蓿多糖提取、纯化及其对蛋鸡肝细胞生物活性的影响[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2014:1–22.

[10] 董殿元.饲粮中添加苜蓿多糖对保育猪生长性能及血清生化指标的影响[J].养猪,2014(3):20–21.

[11] 欧阳克蕙,熊小文,王文君,等.水溶性苜蓿多糖对肉仔鸡生长性能、胴体品质及生长激素和胰岛素样生长因子-1 基因表达的影响[J].动物营养学报,2014,26(5):1272–1278.

[12] 张慧辉.水溶性苜蓿多糖的提取及其对鸡免疫功能和生产性能的影响研究[D].硕士学位论文.郑州:河南农业大学,2007:5–32.

[13] LI J S,TANG Y S,MENG X H,et al.The proliferative effects of alfalfa polysaccharides on the mouse immune cells[J].Life Science Journal,2013,10(2):868-873.

[14] DENG W,DONG X F,TONG J M,et al.Effects of an aqueous alfalfa extract on production performance,egg quality and lipid metabolism of laying hens[J].Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition,2012,96(1):85–94.

[15] 徐春燕.苜蓿多糖和黄芪多糖对肉仔鸡抗氧化性能影响的研究[D].硕士学位论文.扬州:扬州大学,2010:34–69.

[16] 王丽荣.水溶性苜蓿多糖(WSAP)对肉仔鸡免疫机理的研究[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2001:20–21.

[17] 刘大林,胡楷崎,王秀萍,等.苜蓿多糖对肉仔鸡生长性能及血清生化指标的影响[J].上海畜牧兽医通讯,2011(3):2–4.

[18] 刘晴雪,董晓芳,佟建明,等.水溶性苜蓿多糖对肉仔鸡生长及免疫性能的影响[J].饲料研究,2010(7):1－4,8.

[19] 仇微红,张盼锋,石达友,等.中药提高蛋鸡产蛋率及蛋品质的机理研究进展[J].中国家禽,2008,30(22):41–43.

[20] 官丽辉,张立永,刘海斌,等.黄芪多糖对蛋鸡生产性能、生殖激素及血液生理生化指标的影响[J].中国粮油学报,2015,30(7):70–76.

[21] 陈巨清,李树鹏,张云凯.蒲公英多糖纳米乳对蛋鸡生产性能及雏鸡免疫机能影响研究[C]//中国畜牧业协会.第七届(2015)中国蛋鸡行业发展大会会刊.北京:中国畜牧业协

会,2015.

[22] KALLON S,LI X R,JI J,et al.*Astragalus* polysaccharide enhances immunity and inhibits H9N2 avian influenza virus *in vitro* and *in vivo*[J].Journal of Animal Science and Biotechnology,2013,4(1):22.

[23] WEI K,SUN Z H,YAN Z G,et al.Effects of Taishan Pinus massoniana pollen polysaccharide on immune response of rabbit haemorrhagic disease tissue inactivated vaccine and on production performance of Rex rabbits[J].Vaccine,2011,29(14):2530–2536.

[24] CHEN R Z,LIU Z Q,ZHAO J M,et al.Antioxidant and immunobiological activity of water-soluble polysaccharide fractions purified from *Acanthopanax senticosu*[J].Food Chemistry,2011,127(2):434–440.

[25] XU X X.Plant polysaccharides and their effects on cell adhesion[M]//RAMAWAT K G,MÉRILLON J M.Polysaccharides:Bioactivity and Biotechnology.Switzerland:Springer,2014:1–6.

[26] 王筱霏.黄芪多糖及其硫酸化修饰产物体内外抗炎活性研究[D].博士学位论文.杨陵:西北农林科技大学,2014:42–57.

[27] LIU C,CHEN J,LI E T,et al.Solomonseal polysaccharide and sulfated codonopsis pilosula polysaccharide synergistically resist newcastle disease virus[J].PLoS One,2015,10(2):e0117916.

[28] 王春花,付云威,张秀英.大黄多糖超声波提取工艺及抗新城疫病毒活性试验[J].中国兽医杂志,2011,47(12):70–73.

[29] 杨侃侃,边连全,刘显军,等.刺五加多糖对断奶仔猪生长性能、血清免疫指标及粪便微生物菌群的影响[J].动物营养学报,2013,25(3):628–634.

[30] 陈红莉.苜蓿多糖对肉仔鸡消化代谢、生长及免疫性能影响的研究[D].硕士学位论文.石河子:石河子大学,2006:19–23.

[31] 韩杰,边连全,张一然,等.刺五加多糖对脂多糖免疫应激断奶仔猪生长性能和血液生理生化指标的影响[J].动物营养学报,2013,25(5):1054–1061.

[32] HAN J,BIAN L Q,LIU X J,et al.Effects of *Acanthopanax senticosus* polysaccharide supplementation on growth performance,immunity,blood parameters and expression of pro-inflammatory cytokines genes in challenged weaned piglets[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,2014,27(7):1035–1043.

[33] 左兆云.黄芪和黄芪多糖对蛋鸡生产性能、抗氧化性能和免疫性能影响的研究[D].硕士学位论文.泰安:山东农业大学,2011:21–46.

[34] YUAN S L,PIAO X S,LI D F,et al.Effects of dietary *Astragalus* polysaccharide on growth performance and immune function in weaned pigs[J].Animal Science,2006,82(4):501–507.

[35] LIU H W,DONG X F,TONG J M,et al.Alfalfa polysaccharides improve the growth performance and antioxidant status of heat-stressed rabbits[J].Livestock Science,2010,131(1):88–93.

[36] 江振莹,玉兰.水溶性苜蓿多糖对肉仔鸡营养免疫作用的研究[J].饲料工业,2005,26(21):15–16.

[37] 马玺,单安山.褐壳蛋蛋壳颜色及其调控[J].中国家禽,2001,23(15):47–48.

[38] KAUR H,HUGHES M N,GREEN C J,et al.Interaction of bilirubin and biliverdin with reactive nitrogen species[J].FEBS Letters,2003,543(1/2/3):113–119.

[39] 王翠菊,王洪芳,陈辉,等.黄芪多糖对蛋鸡抗氧化性能和蛋品质的影响[J].动物营养学报,2011,23(2):280–284.

[40] 许金霞,赵鲁杭.多糖对细胞信号转导途径影响研究进展[J].中兽医医药杂志,2009,28(3):21–24.

[41] GUO F C,WILLIAMS B A,KWAKKEL R P,et al.Effects of mushroom and herb polysaccharides,as alternatives for an antibiotic,on the cecal microbial ecosystem in broiler chickens[J].Poultry Science,2004,83(2):175–182.

[42] YIN F G,YIN Y L,KONG X F,et al.Dietary supplementation with *Acanthopanax senticosus* extract modulates gut microflora in weaned piglets[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,2008,21(9):1330–1338.

[43] EISEN E J,BOHREN B B,MCKEAN H E.The haugh unit as a measure of egg albumen quality[J].Poultry Science,1962,41(5):1461–1468.

Effects of Different Dietary Supplementation Levels with Crude Polysaccharides Isolated from Alfalfa on Performance and Egg Quality of Laying Hens

XIN Xiaoqing DONG Xiaofang* TONG Jianming

(*Institute of Animal Science*, *Chinese Academy of Agricultural Sciences*, *Beijing* 100193, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of crude polysaccharides isolated from alfalfa (ACPS) at different supplementation levels on production performance and egg quality of laying hens. Five hundred and forty aged of 27 weeks Hy-Line Brown hens were randomly allocated to 6 groups with 6 replicates per group and 15 hens per replicate. Hens in the control group were fed a basal diet, and the others in experimental groups were fed basal diets supplemented with 250, 500, 1 000, 2 000 and 4 000 mg/kg ACPS, respectively. The experiment lasted for 24 weeks. The results showed as follows: compared with the control group, 1) dietary supplementation with ACPS at 500, 2 000 and 4 000 mg/kg significantly increased egg production of hens during 1 to 8 weeks (P<0.05). The groups added with ACPS at 250, 500, 1 000 and 2 000 mg/kg significantly increased egg production and decreased ratio of feed to egg during 9 to 16, 17 to 24 and 1 to 24 weeks (P<0.05), meanwhile significantly enhanced egg total mass during 17 to 24 and 1 to 24 weeks (P<0.05). However there were no obvious effects on the average egg weight and feed intake (P>0.05). 2) Diets supplemented with 250, 500 and 1 000 mg/kg ACPS significantly improved eggshell color at 6th, 8th, 12th, 16th, 20th and 24th week (P<0.05), while significantly improved eggshell color at 8th, 12th and 16th week compared with 4 000 mg/kg ACPS dietary supplementation (P<0.05). 3) Diets added with 2 000 mg/kg ACPS significantly increased eggshell strength at 6th, 20th and 24th week (P<0.05). 4) Diets supplemented with 250, 500, 1 000 and 2 000 mg/kg ACPS significantly improved eggshell thickness at 8th, 12th, 16th, 20th and 24th week (P<0.05), as well as 4 000 mg/kg ACPS supplementation group also significantly increased eggshell thickness at 8th, 20th and 24th week (P<0.05). 5) The group added with ACPS at 2 000 mg/kg significantly increased the albumen height and Haugh unit at 10th, 12th and 24th week (P<0.05), meanwhile significantly increased albumen height and Haugh unit at 10th and 12th week compared with 250, 1 000 and 4 000 mg/kg ACPS supplementation groups (P<0.05). These results suggest that the suitable supplemental level of ACPS can significantly enhance production performance and improve egg quality of laying hens. It is recommended that dietary supplementation with ACPS is 250 mg/kg, which has a better effect.

Key words: alfalfa; crude polysaccharides; laying hens; performance; egg quality

---

*Corresponding author, associate professor, E-mail: xiaofangd1124@sina.com (责任编辑 田艳明)